



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

OBTENCIÓN TEÓRICA DE LAS CURVAS DE EXPULSIÓN
Y ADMISIÓN DE AIRE PARA LAS VENTOSAS X-380
PATROL (1"), X-294 (2"), y X-295 (1-2") DEL
FABRICANTE JIMTEN.

LHIR

Laboratorio de Hidráulica y Riegos.

Laboratori d'Hidràulica i Regs.

Universidad Politécnica de Valencia

Enero de 2017

Solicitante:

JIMTEN S.A.



ÍNDICE

1	Introducción y objetivos.	2
2	Materiales y métodos.	2
2.1	Características de las ventosas.	2
2.2	Constantes y parámetros de cálculo.	4
2.3	Metodología de cálculo.	5
2.3.1	Expulsión de aire. Salida de aire.(Montalvo López 2003; Dvir y Dvir 1995).	5
2.3.2	Admisión de aire. Entrada de aire.(Montalvo López 2003; Dvir y Dvir 1995)	6
2.3.3	Cálculo de la desgasificación.(Potter et al. 2002; Prieto 2011).	6
3	Resultados.	7
3.1	Ventosa X-380 DN 1”.	7
3.1.1	Expulsión.	7
3.1.2	Admisión.	8
3.1.3	Funcionamiento global teórico.	8
3.2	Ventosa X295 DN 1”.	9
3.2.1	Expulsión.	9
3.2.2	Admisión.	9
3.2.3	Funcionamiento global teórico.	10
3.2.4	Desgasificación.	10
3.3	Ventosa X295 DN 2”.	11
3.3.1	Expulsión.	11
3.3.2	Admisión.	12
3.3.3	Funcionamiento global teórico.	12
3.3.4	Desgasificación.	13
3.4	Ventosa X294 DN 2”.	13
3.4.1	Expulsión.	13
3.4.2	Admisión.	14
3.4.3	Funcionamiento global teórico.	14
4	Conclusiones.	15
5	Bibliografía.	16

1 Introducción y objetivos.


A solicitud de JIMTEN S.A., se realizan los cálculos teóricos para la obtención de las curvas de expulsión y admisión de aire para los siguientes modelos de ventosa que fabrican:


1. X-380 de DN 1"
2. X-294 de DN 2"
3. X-295 de DN 1"
4. X-295 de DN 2"


2 Materiales y métodos.


A continuación se exponen las características de las ventosas, los valores de constantes y parámetros utilizados que parametrizan los resultados obtenidos y una breve descripción de los métodos de cálculo utilizados.

2.1 Características de las ventosas.

X-380 PATROL de 1"		
	Descripción.	Ventosa Doble Efecto.
	Función	Doble efecto sin función de desgasificación.
	Fabricante	JIMTEN
	Modelo	X-380 PATROL
	Presión nominal. PFA (bar).	16
	Diámetro nominal.	1"
	Cierre	Hidráulico
	Otros	Unión rosca macho NPT. Juntas de cierre EPDM. Cuerpo y Base en Poliamida
	Descripción.	Válvula de aire. Ventosa.
	Nº Elementos suministrados	6
Área orificio interior	298,6 mm ²	
Área orificio exterior	117,0 mm ²	
Área orificio desgasificación	-----	

X-294 de 2"		
	Descripción.	Ventosa Doble Efecto.
	Función	Doble Efecto.
	Fabricante	JIMTEN
	Modelo	X-294 1 1/2"-2"
	Presión nominal. PFA (bar).	16
	Diámetro nominal.	2"
	Cierre	Hidráulico
	Otros	Unión rosca macho NPT. Juntas de cierre EPDM. Cuerpo y Base en Poliamida
	Descripción.	Válvula de aire. Ventosa.
	Nº Elementos suministrados	6
	Área orificio interior	594 mm ²
	Área orificio exterior	335 mm ²
	Área orificio desgasificación	-----

X-295 de 1"		
	Descripción.	Ventosa Triple Efecto.
	Función	Triple efecto con función de desgasificación.
	Fabricante	JIMTEN
	Modelo	X-295 ¾-1"
	Presión nominal. PFA (bar).	16
	Diámetro nominal.	1"
	Cierre	Hidráulico
	Otros	Unión rosca macho NPT. Juntas de cierre EPDM. Cuerpo y Base en Poliamida
	Descripción.	Válvula de aire. Ventosa.
	Nº Elementos suministrados	6
	Área orificio interior	10,0 mm ²
	Área orificio exterior	10,0 mm ²
	Área orificio desgasificación	Variable, máximo 10,0 mm ²

X-295 de 2"		
	Descripción.	Ventosa Triple Efecto.
	Función	Triple efecto con función de desgasificación.
	Fabricante	JIMTEN
	Modelo	X-295 1 1/2"-2"
	Presión nominal. PFA (bar).	16
	Diámetro nominal.	2"
	Cierre	Hidráulico
	Otros	Unión rosca macho NPT. Juntas de cierre EPDM. Cuerpo y Base en Poliamida
	Descripción.	Válvula de aire. Ventosa.
	Nº Elementos suministrados	6
Área orificio interior	594 mm ²	
Área orificio exterior	335 mm ²	
Área orificio desgasificación	10,75 mm ²	

2.2 Constantes y parámetros de cálculo.

Los cálculos realizados son válidos para unas condiciones estándares de presión y temperatura, los valores adoptados son:

- **g**: Aceleración de la gravedad, 9,81 m/s².
- **k**: Constante adiabática del aire, exponente isoentropico, 1,4.
- **γ_a**: Peso específico del aire para una temperatura de 293 °K (20°C), 11,77 N/m³ (1,2 kgf/ m³).
- **ρ_a**: Densidad del aire para una temperatura de 293 °K (20°C), 1,2 kg/m³.
- **p₀**: Presión atmosférica absoluta, se adopta un valor estándar de 10.000 kg/m²(1,013 bar ,100 kPa).
- **R**: Constante de los gases ideales para el aire, 287 J/(kg °K)

Símbolos utilizados.

- **A**: Área del orificio de expulsión o admisión, en m².
- **p1**: Presión absoluta de entrada, en bares. En expulsión de aire será la presión en la tubería donde se conecte la Ventosa, y en admisión será la presión atmosférica.
- **p2**: Presión absoluta de salida, en bares. En expulsión de aire será la presión atmosférica, y en admisión será la presión en la tubería donde se conecte la Ventosa.
- **pt**: Presión absoluta en la tubería.
- **Q_a**: Caudal volumétrico de aire en m³/h.



- G_a : Caudal másico de aire en kg/h.
- V_a : Velocidad del aire en m/s.
- C_{exp} : Coeficiente de velocidad de la ventosa en expulsión (0,6 a 0,9).
- C_{adm} : Coeficiente de velocidad de la ventosa en admisión (0,6 a 0,9).
- C_{des} : Coeficiente de velocidad de la ventosa en proceso de desgasificación, o también llamada de purga o automática (0,6 a 0,9).
- c : Velocidad del sonido en el aire.
- T : Temperatura en ° Kelvin.
- M : Numero Mach, relación entre la velocidad del aire y la velocidad del sonido en el aire. Según este valor los flujos de aire se clasifican en:
 - $M < 1$ Flujo subsónico o subcrítico
 - $M = 1$ sónico o crítico
 - $M > 1$ Flujo supersónico o supercrítico

2.3 Metodología de cálculo.

Los cálculos realizados son considerando la ventosa como una tobera convergente en flujo isentrópico, continuo y uniforme, y en condiciones estándares del aire atmosférico (apartado 2.2).

2.3.1 Expulsión de aire. Salida de aire. (Montalvo López 2003; Dvir y Dvir 1995).

La expulsión de aire se obtiene de forma aproximada a través de la siguiente expresión:

$$Q_a = A \cdot C_{exp} \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \frac{p_1}{\gamma_a} \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{-\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{-\frac{k+1}{k}}} \cdot 3.600$$

Para las condiciones estándar:

$$Q_a = A \cdot C_{exp} \cdot 756,47 \sqrt{\left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{-1,429} - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{-1,714}} \cdot 3.600$$

Siendo:

- p_1 : Presión absoluta en la tubería, en kg/m^2 .
- p_2 : Presión absoluta en la atmosfera, en kg/m^2 .
- A : el área real de salida de aire de la ventosa en m^2 .
- C_{exp} : Coeficiente de velocidad en expulsión de la ventosa, se debe obtener experimentalmente y adopta valores entre 0,6 y 0,9, en función de la geometría de la salida.



El caudal máximo de expulsión de aire (en condiciones normales) se fija para velocidades del aire de 195,77 m/s, esta velocidad se produce para presiones absolutas en la tubería de 1,89 bares (0,89 bares en presión relativa o diferencial).

Si la presión aumenta por encima de este valor (flujos supersónicos) el caudal se mantiene constante, si bien puede aumentar el caudal másico por cambios en la densidad del aire.

2.3.2 Admisión de aire. Entrada de aire.(Montalvo López 2003; Dvir y Dvir 1995)

La admisión de aire se obtiene de forma aproximada a través de la siguiente expresión:

$$Q_a = A \cdot C_{adm} \sqrt{\frac{2gk}{k-1} \frac{p_1}{\gamma_a} \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{-2\frac{1-k}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1-k}{k}}} \cdot 3.600$$

Para las condiciones estándar:

$$Q_a = A \cdot C_{adm} 756,47 \sqrt{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{-0,571} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{-0,286}} \cdot 3.600$$

Siendo:

- p_2 : Presión absoluta en la tubería, en kg/m².
- p_1 : Presión absoluta en la atmosfera, en kg/m².
- A : el área real de entrada de aire de la ventosa en m².
- C_{adm} : Coeficiente de velocidad en admisión de la ventosa, se debe obtener experimentalmente y adopta valores entre 0,6 y 0,9, en función de la geometría de la entrada.

En este caso la expresión anterior solo se puede utilizar para flujo subsónico que corresponde con una presión absoluta de 0,53 bares (-0,47 bares de presión relativa), por debajo de esta presión el caudal de entrada se mantiene constante ya que solo depende de la presión atmosférica.

2.3.3 Cálculo de la desgasificación.(Potter et al. 2002; Prieto 2011)

Para obtener las curvas de desgasificación se debe expresar como caudal másico ya que el flujo que se produce suele ser supersónico ($M > 1$), la expresión que nos permite su cálculo es:

$$G_a = C_{des} \cdot p_t \cdot A \cdot \sqrt{\frac{k}{RT}} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k+1}{2 \cdot (k-1)}} \cdot 3600$$

Siendo:

- G : caudal másico en kg/h
- p_t : Presión absoluta en la tubería, en Pa.
- A : el área real de entrada de aire de la ventosa en m².



- C_{des} : Coeficiente de velocidad en desgasificación de la ventosa, diferente al de expulsión y admisión ya que el orificio suele ser distinto. Debe obtener experimentalmente y adopta valores entre 0,6 y 0,9, en función de la geometría de la salida de desgasificación.

3 Resultados.

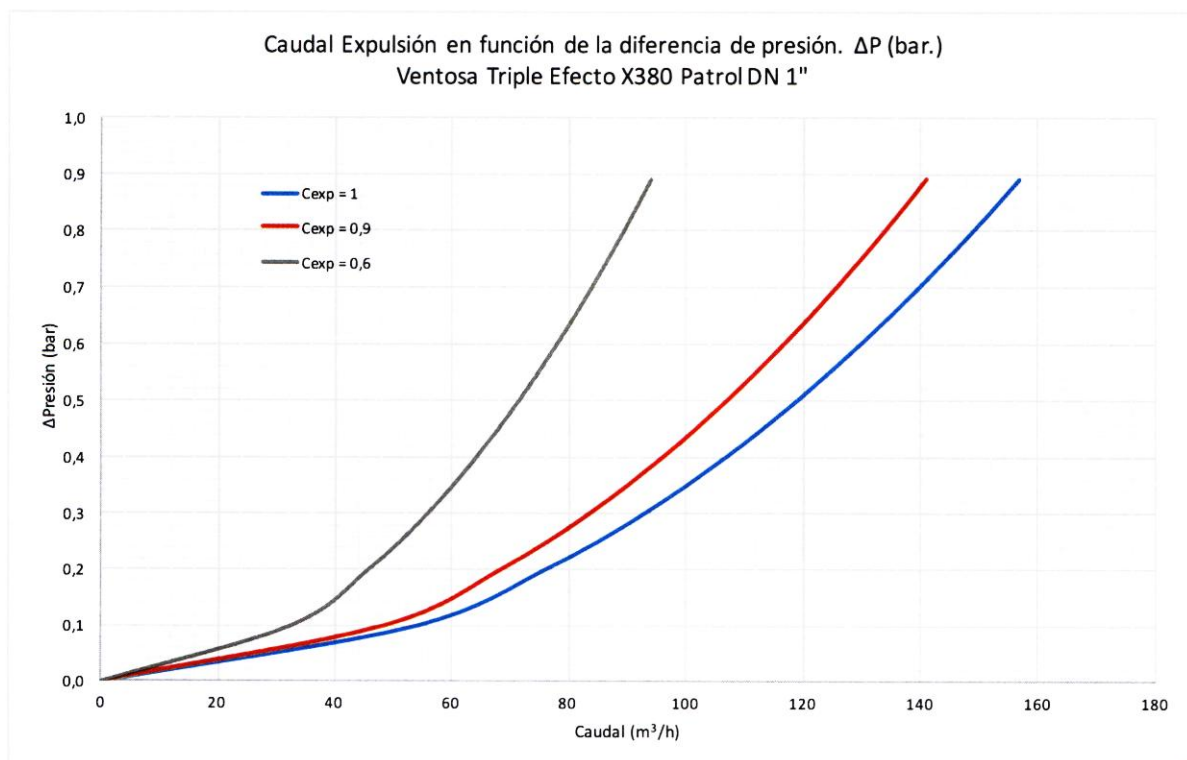
En este apartado se exponen los resultados obtenidos teniendo en cuenta valores límites teóricos de diferentes coeficientes de velocidad de expulsión, admisión y desgasificación, ya que no se disponen de valores realizados en ensayos experimentales.

También recordar que los valores son teóricos y en muchos casos pueden no alcanzarse en la realidad, ya que el desplazamiento del flotador de la ventosa viene influido por la presión de agua en el interior de la ventosa, no funcionando la desgasificación a bajas presiones, o debido al cierre cinético de la ventosa que puede producirse y no se ha podido comprobar.

Las curvas obtenidas deberán ser parametrizadas con los valores máximos y mínimos de diferencia de presión a la que la ventosa comienza a expulsar o admitir aire

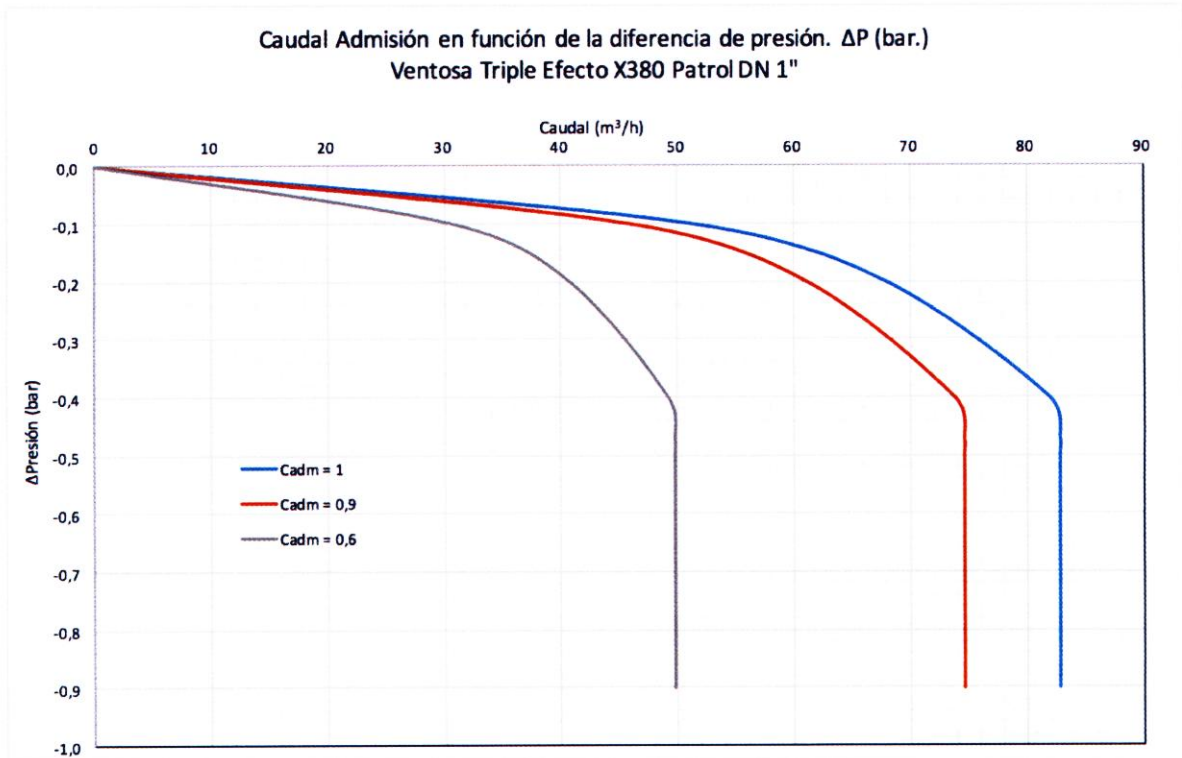
3.1 Ventosa X-380 DN 1".

3.1.1 Expulsión.



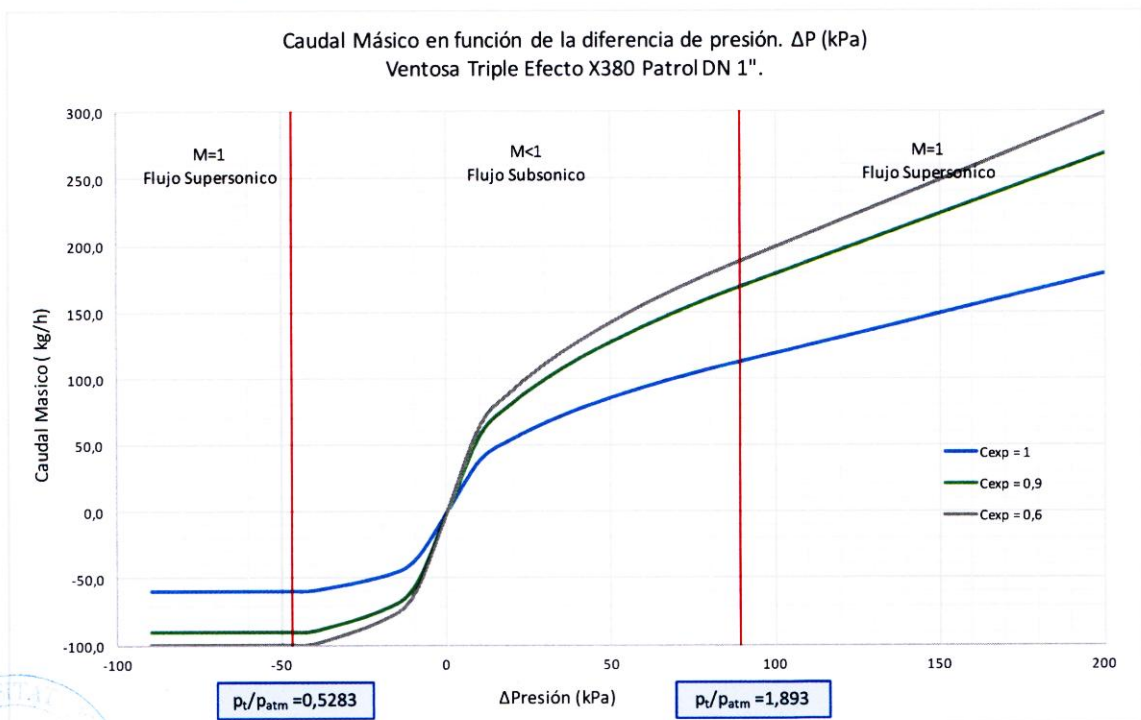
Gráfica 1: Curvas Caudal de expulsión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X380 Patrol DN 1" (A =117 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

3.1.2 Admisión.



Gráfica 2: Curvas Caudal de admisión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X380 Patrol DN 1" (A =117 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

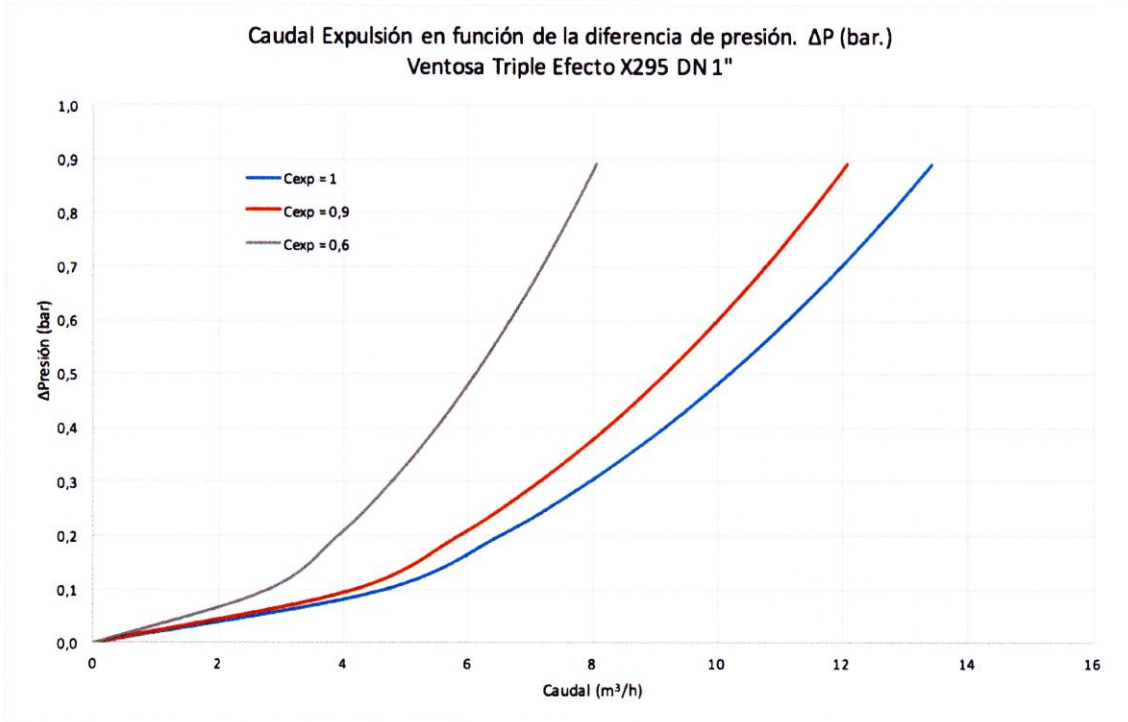
3.1.3 Funcionamiento global teórico.



Gráfica 3: Curvas Diferencia de presión Vs Caudal mássico teórico para un funcionamiento continuo, isentropico y uniforme, para la ventosa X380 Patrol DN 1" (A =117 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

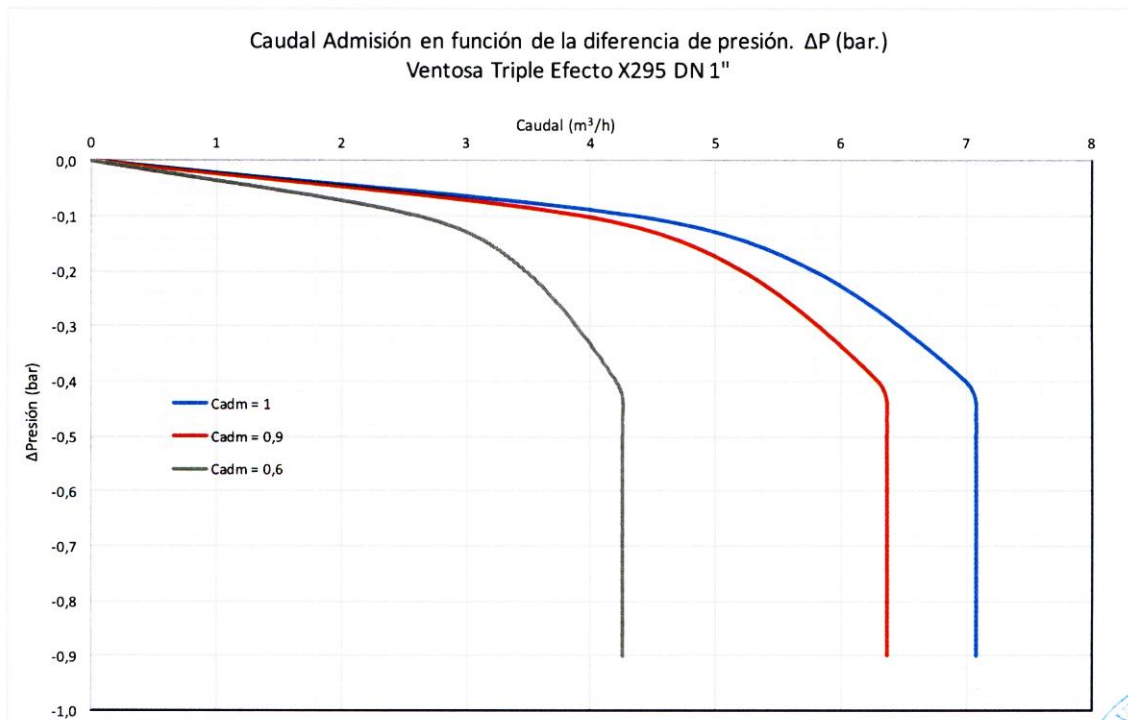
3.2 Ventosa X295 DN 1".

3.2.1 Expulsión.



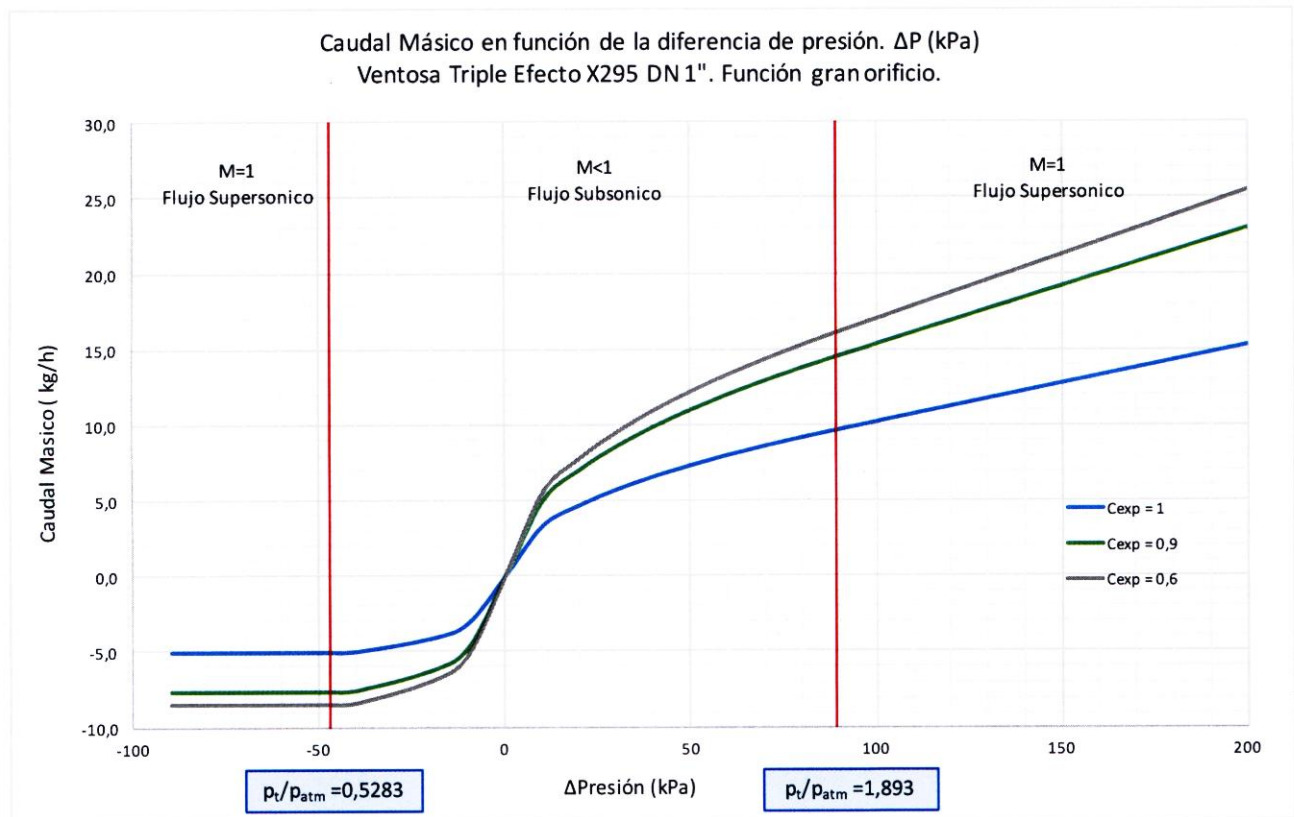
Gráfica 4: Curvas Caudal de expulsión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 1" (A =10 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

3.2.2 Admisión.



Gráfica 5: Curvas Caudal de admisión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 1" ($A = 10 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

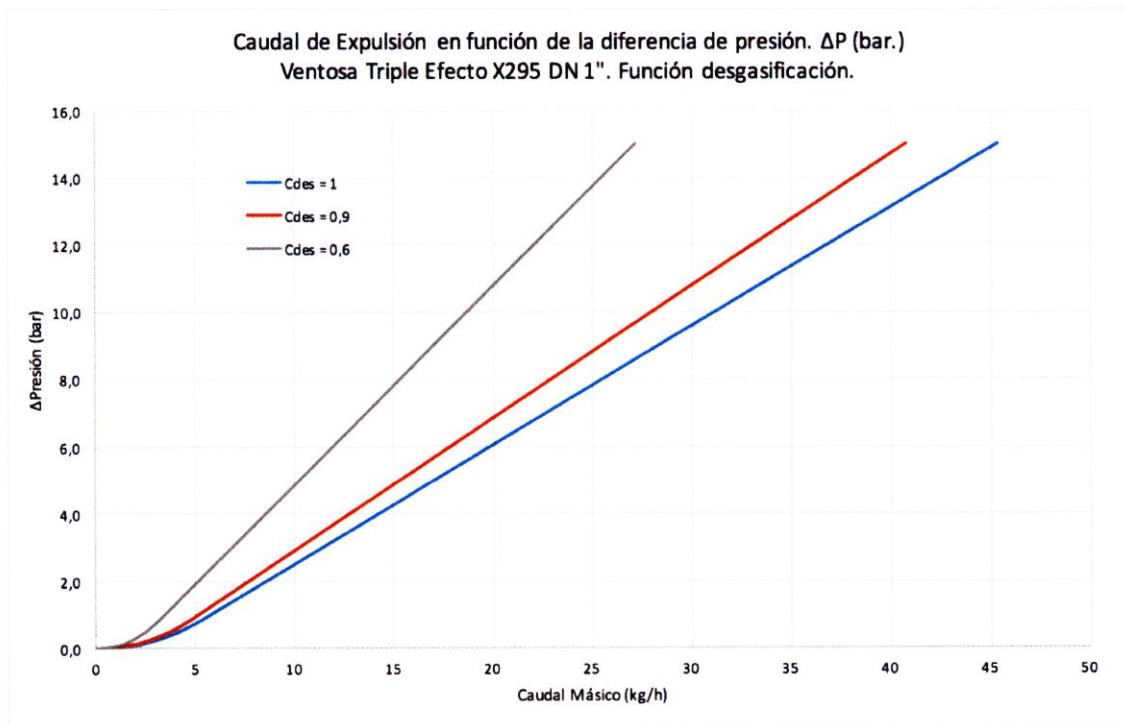
3.2.3 Funcionamiento global teórico.



Gráfica 6: Curvas Diferencia de presión Vs Caudal másico teórico para un funcionamiento continuo, isentrópico y uniforme, para la ventosa X295 Triple efecto DN 1" ($A = 10 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

3.2.4 Desgasificación.

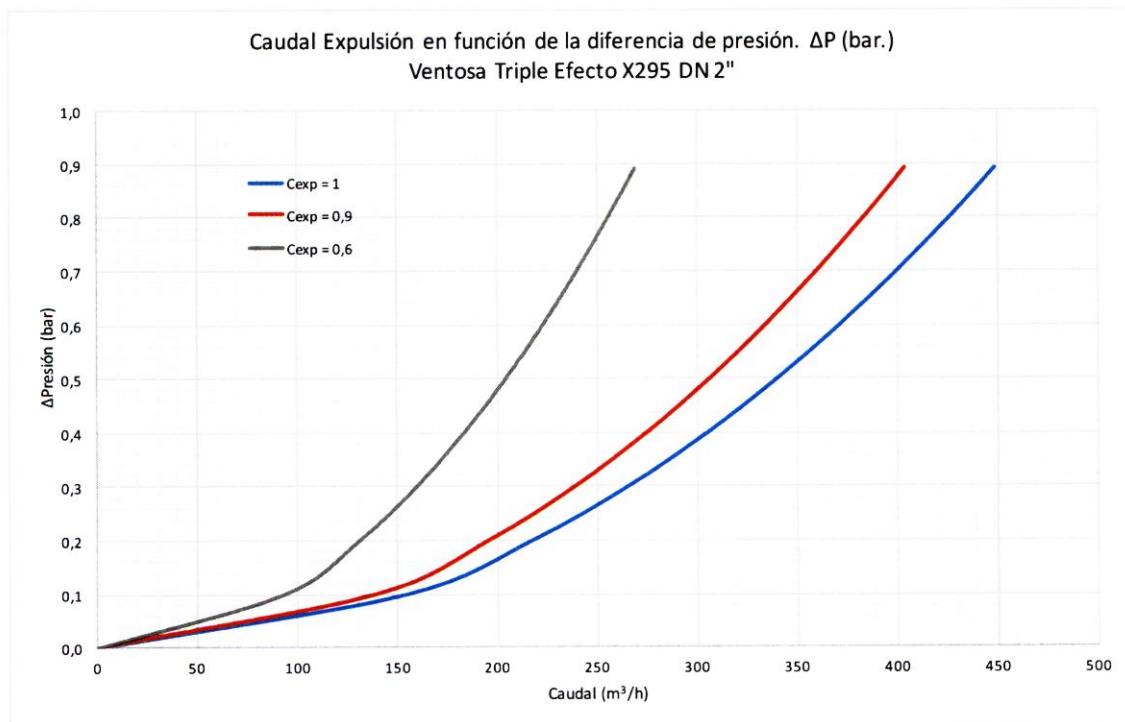
En este modelo el orificio de desgasificación es variable y aunque se ha podido comprobar dicha función en laboratorio la superficie de desgasificación es difícil de obtener, se muestran como ejemplo los resultados para 1/3 de la superficie total del orificio de la ventosa.



Gráfica 7: Curvas Caudal másico de desgasificación de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 1" ($A = 3,34 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

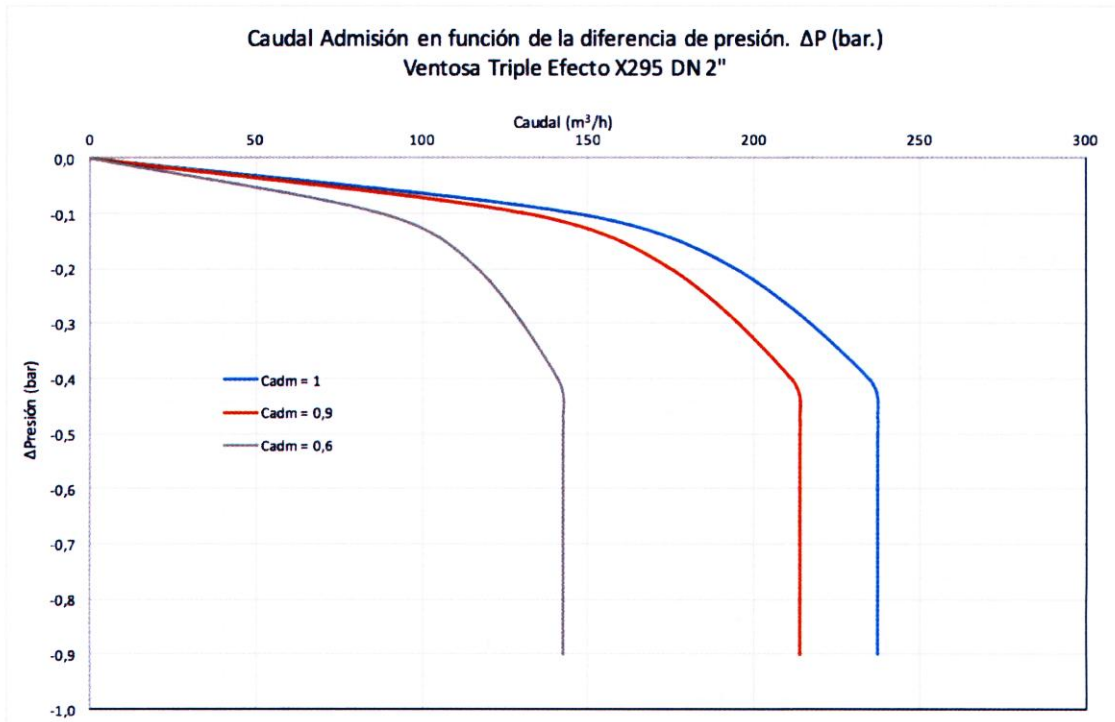
3.3 Ventosa X295 DN 2".

3.3.1 Expulsión.



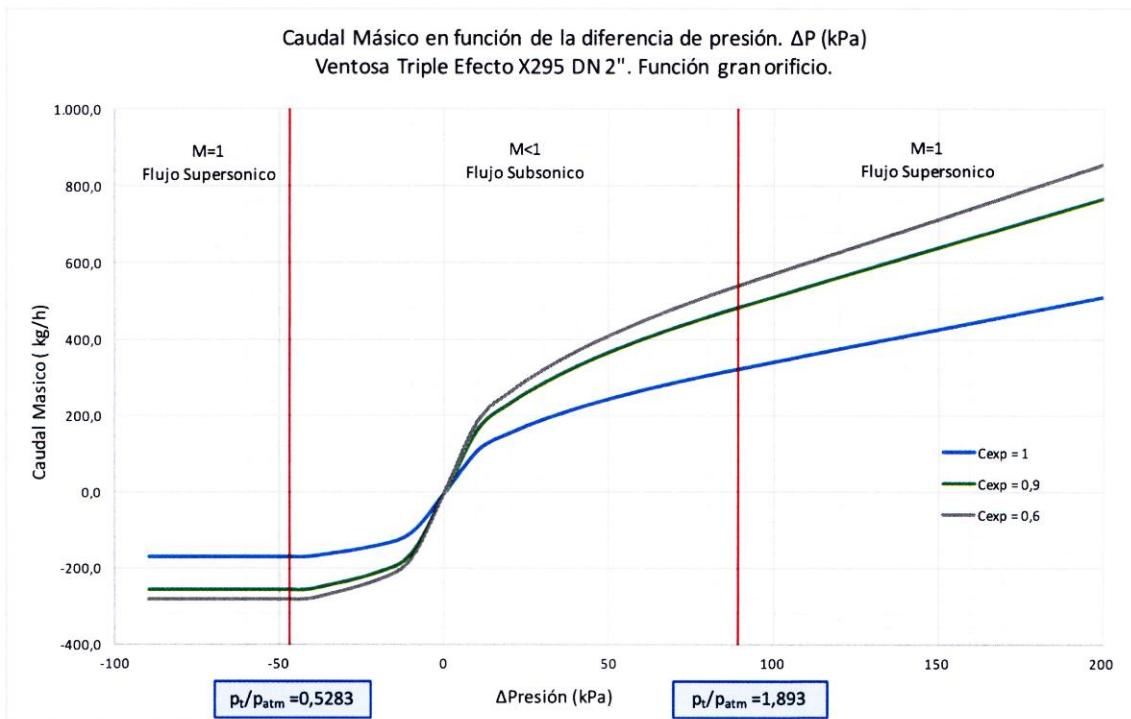
Gráfica 8: Curvas Caudal de expulsión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 2" ($A = 335 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

3.3.2 Admisión.



Gráfica 9: Curvas Caudal de admisión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 2" ($A = 335 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

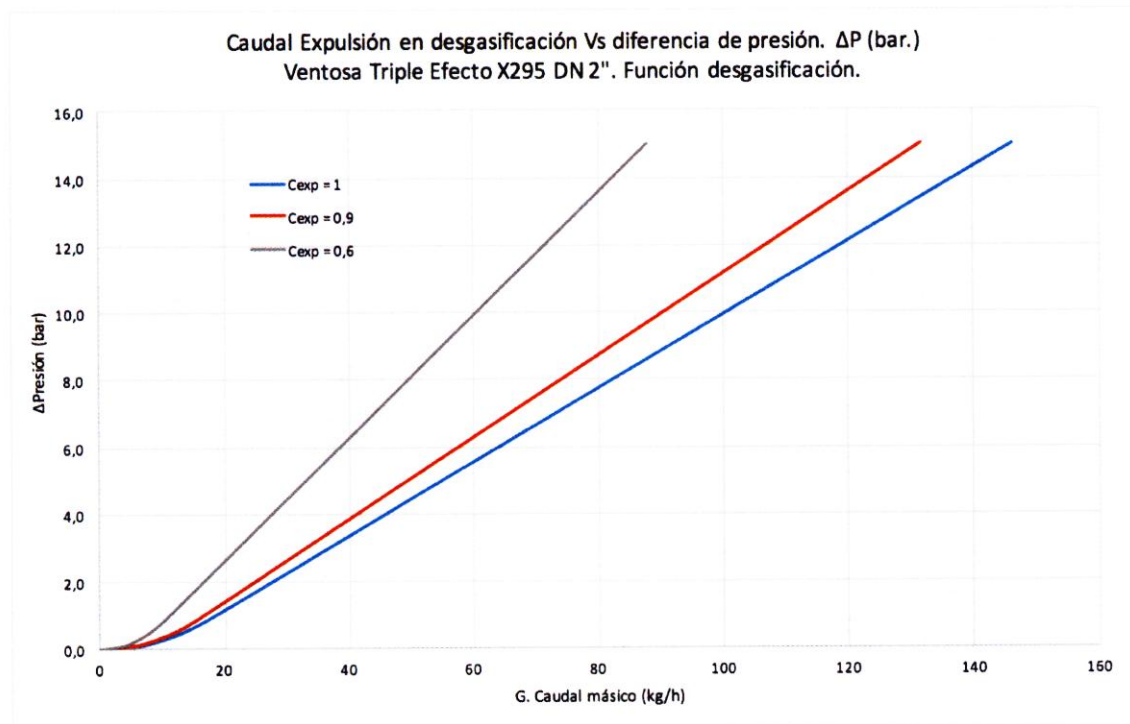
3.3.3 Funcionamiento global teórico.



Gráfica 10: Curvas Diferencia de presión Vs Caudal másico teórico para un funcionamiento continuo, isentrópico y uniforme, para la ventosa X295 Triple efecto DN 2" ($A = 335 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.



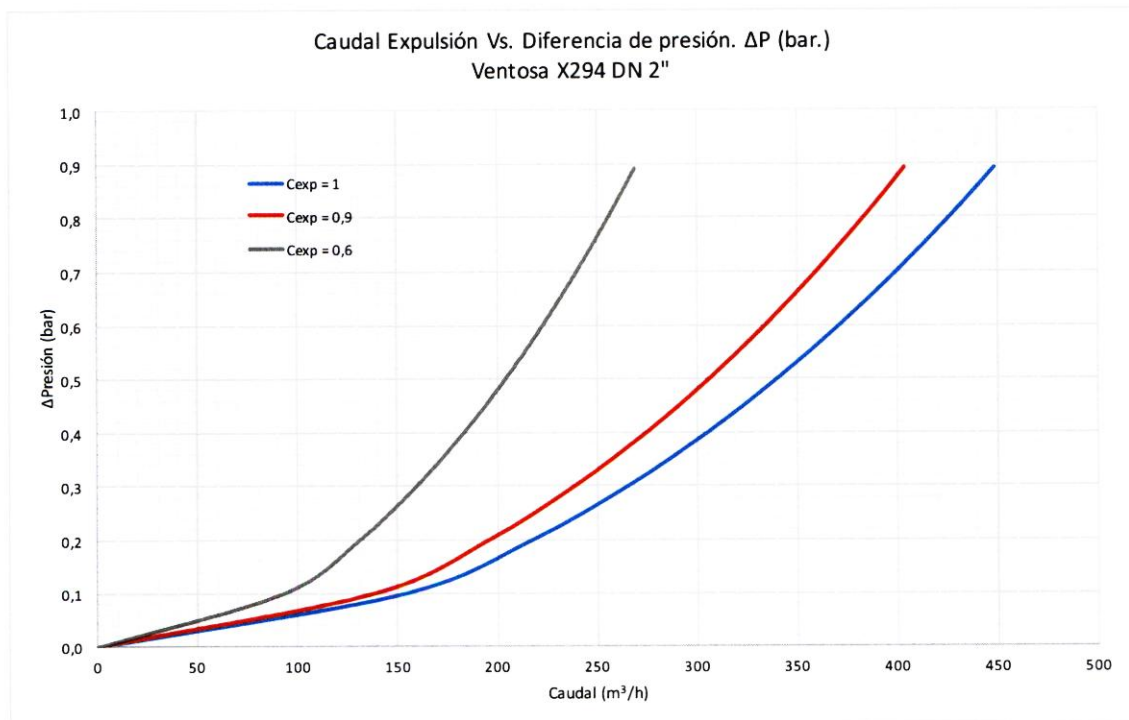
3.3.4 Desgasificación.



Gráfica 11: Curvas Caudal másico de desgasificación de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X295 Triple Efecto DN 2" (A = 10,75 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

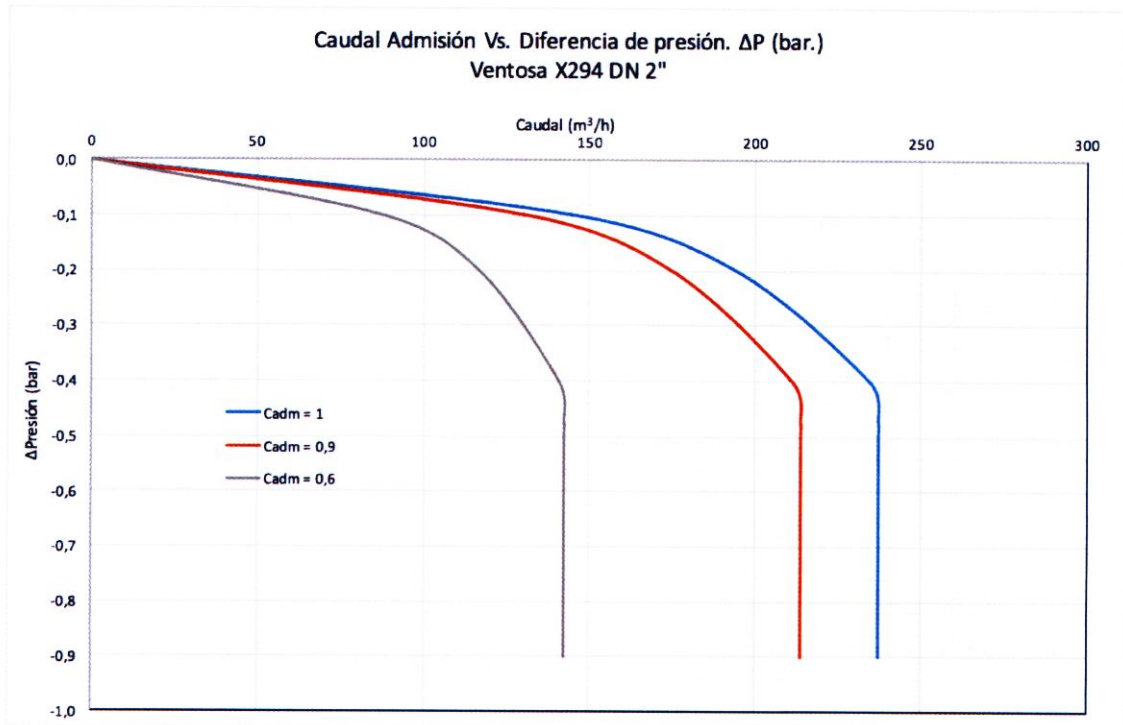
3.4 Ventosa X294 DN 2".

3.4.1 Expulsión.



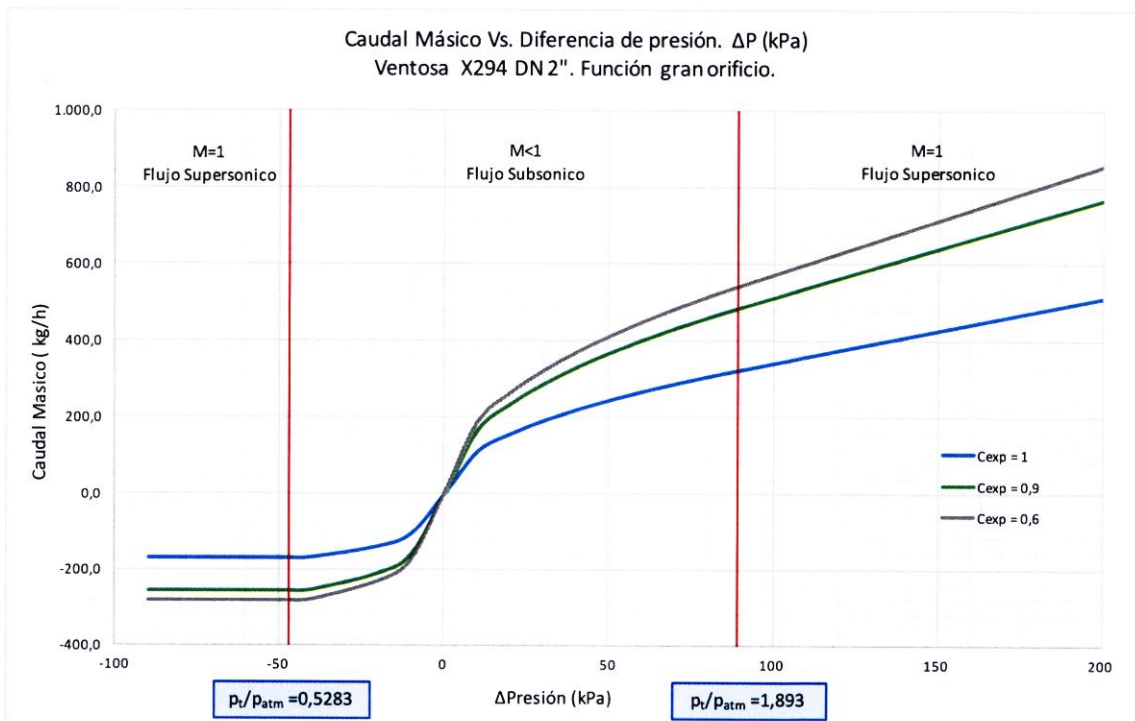
Gráfica 12: Curvas Caudal de expulsión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X294 DN 2" (A = 335 mm²), para tres coeficientes de velocidad.

3.4.2 Admisión.



Gráfica 13: Curvas Caudal de admisión de aire Vs Diferencia de presión para la ventosa X294 DN 2" ($A = 335 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.

3.4.3 Funcionamiento global teórico.



Gráfica 14: Curvas Diferencia de presión Vs Caudal másico teórico para un funcionamiento continuo, isentrópico y uniforme, para la ventosa X294 DN 2" ($A = 335 \text{ mm}^2$), para tres coeficientes de velocidad.



4 Conclusiones

Los resultados mostrados están basados en cálculos teóricos que permiten valorar el potencial de expulsión, admisión y desgasificación de los modelos de ventosas considerados.

Es necesario la obtención mediante ensayos experimentales de los coeficientes de velocidad necesarios para ajustar las curvas teóricas obtenidas.

Valencia, 10 de febrero de 2017


Fdo.: Jaime Arviza
Valverde


Fdo.: Juan Manzano
Juárez


Fdo.: Ibán Balbastre
Peralta


Fdo.: C. Virginia Palau
Estevan

Laboratorio de Hidráulica y Riegos

Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria

5 Bibliografía.

DVIR y DVIR, Y. 1995. *Flow control devices*. S.l.: s.n.

MONTALVO LÓPEZ, T. 2003. *Ingeniería hidráulica*. S.l.: Intertecnica, Ediciones. ISBN 8493331619.

POTTER, M.C., WIGGERT, D.C., HONDZO, M. y SHIH, T.I.. 2002. *Mecánica de fluidos*. S.l.: Thomson. ISBN 9706862056.

PRIETO, I.G. 2011. Problemas típicos de las ventosas, soluciones técnicas disponibles y criterios de selección de las válvulas de aire. [en línea].

Disponible en: <http://www.arivalves.com/es/library/articles/item/problemas-tipicos-de-las-ventosas-soluciones-tecnicas-disponibles-y-criterios-de-seleccion-de-las-valvulas-de-aire>.



